

## НЕКОТОРЫЕ МАЛОИЗВЕСТНЫЕ МОМЕНТЫ ИЗ ИСТОРИИ ОТДЕЛА 22 НИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Н.М. Луканов



В НИИМЭ была реальная возможность обогнать США в области создания сверхбыстродействующих ИМС (правдивая, почти Детективная ИСТОРИЯ)

### В ПОИСКАХ ЗЕМЛИ ОБЕТОВАННОЙ – ЗЕЛЕНГРАДСКОЙ

Отдел 22 был создан в 1970 г. на базе лаборатории “перспективных диффузионных процессов и СВЧ транзисторных структур”, которую я возглавил с 6 января 1966 г. в отделе Анатолия Милова, входящего в сектор №22 Дьякова Юрия Николаевича.

Попал я в НИИМЭ далеко не случайно. Город Зеленоград начал будоражить воображение студента МЭИ в начале 1960-х годов, когда на лекции по расчёту транзисторов директор ведущего предприятия (нынешний ГНИИ “Пульсар”) – Трутко Анатолий Федорович – рассказал о функциональных твёрдотельных схемах. Я попал на практику в КБ-1, но не попал в лабораторию Гаряинова Станислава Александровича, входящую в отдел А.А. Колосова. Андрей Александрович, как никто другой, понимал, что для ракет и противоракетных систем крайне необходимы высоконадёжные твердотельные схемы.

Хорошую школу прошёл в лабораториях Мазеля Евгения Зиновьевича по разработке ВЧ мощных транзисторов и Пресса Феликса Павловича по разработке микромощных транзисторов. Малин Борис Владимирович – главный конструктор первых отечественных твёрдотельных микросхем ИС100 – направил меня в цех микросхем для разработки и внедрения процессов диффузии бора и фосфора из жидких источников диффузанта. Здесь лицом к лицу я и встретился с Председателем Совмина и членом Политбюро Косыгиным Алексеем Николаевичем, болевшим за новое дело. Там-то он и ввёл новую должность инженера-оператора, с целью материального поощрения инженеров. Первым таким “поощренным” стал Энвер Фаттахов.

В “Пульсаре” я впервые познакомился с будущим своим директором Валиевым Камилем Ахметовичем и Дьяковым Юрием

Николаевичем, которые не только знакомились со схемами, но и осуществляли подбор кадров для своего предприятия. В поле их зрения попал и я. Так осуществилась моя мечта, и город Зеленоград стал реальностью.

#### НИИМЭ – ОБИТЕЛЬ ТВОРЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ

На НТС НИИМЭ царила творческая атмосфера. Однажды с Вячеславом Кремлевым мы докладывали заявку на изобретение по усовершенствованию интегральных микросхем (ИМС) по технологии ЗД – тройной диффузии, но на сверхтонких диффузионных слоях 0,1-0,3 мкм.льльльльль

- Что это Вы нас толкаете назад к технологии тройной диффузии! – отреагировал кто-то из членов НТС.

- Творческую мысль нельзя остановить, – сказал я громко и торжественно, почувствовав, как Джордано Бруно, щекочущий запах костра, и тихо добавил, чтобы не слышал директор:

- Так же, как и речевой понос.

Раздался смех, а директор сказал: “Нечего ржать, Луканов прав”.

Так я и не узнал, на что прореагировал Валиев К.А.

Я ещё не отдавал себе отчёта, что в Административной Системе нужно уметь контролировать себя всегда и уметь чаще молчать.

Через много лет Дягилеву Владимиру Николаевичу пришлось освоить новую технологию ЗД.

Атмосфера непринуждённости и юмора помогала работать.

Как розыгрыш мы восприняли предложение одного из опытных заместителей директора красить нерабочую сторону пластин красной краской, чтобы легче её отличать. Почему красной, не знаю до сих пор.

Иногда мысль, высказанная другим, способна вызвать творческие ассоциации. Не это ли подвинуло Ракова А.В. к идее “красить” пластины полимерным лаком для их консервации? Кто знает? Он умолчал.

В другой раз тот же, болеющий по-настоящему за дело, заместитель директора предложил делать пластины не из кремния, а из стали – не будут биться.

А сейчас целые коллективы бьются над тем, чтобы на стальную пластину “накатать” тонкую плёнку кремния или хотя бы диэлектрика.

Как-то Любимов Е.С. поднял вопрос о том, что водород на исходе.

- А нельзя его заменить на пропан? – последовал вопрос.

- Можно! – уверенно сказал Любимов. Если прикажут! – Не приказали.

Жёсткая Административная Система умела заставить делать многое.

По моему мнению, должны были ошибиться и теоретики. Их оценки показывали, что транзисторные структуры (ТС) с шириной активной области базы 50 нм сделать нельзя, то есть сделать можно, но они никому не будут нужны, так как будут иметь напряжение прокола менее 1 В. В рамках НИР “Ингредиент” я по своей инициативе захотел сделать ультратонкие ТС. Блажен, кто верует!

В своё время Владлен Диковский экспериментально убедился, что делать ВЧ ТС с толщиной активной области базы менее 1500 нм невозможно по существующей тогда технологии.

#### КОЛЛЕКТИВ СООБЩНИКОВ, СПЛОЧЁННЫХ ИДЕЕЙ

Видимо, он и распалил моё воображение резко перейти этот рубеж.

Костяк коллектива составили молодые и способные инженеры Лариса Медведева, Надежда Беркова, Владимир Карабанов, Вера Маркова, Вильям Кокин, Валентина Сладкова, Валерий Лебедев, Михаил Небольсин, Игорь Канорушкин и Владимир Грабчак. Слаженная работа коллектива на участках диффузии, окисления и пиролиза позволила быстро поставить автоматизированные процессы диффузии с применением жидких источников диффузанта  $PCl_3$  и  $VBBr_3$  и детально исследовать особенности диффузии бора и фосфора. Здесь проявили себя будущие специалисты Галина Лыженкова, Павел Жуков, Лидия Яцук, Игорь Базаров, Анастасьев Валентин и Сергей Левицкий.

Душой коллектива стала Зинаида Бойкова, безудержно хлопотавшая о своевременном обеспечении лаборатории всем необходимым. Делопроизводство вела Дьякова Галина. Мы умели не только дружно работать, но и весело отдыхать.

Детально исследовались тонкослойные ТС с применением термического диоксида кремния в качестве маскирующего покрытия и сверхтонкие ТС, используя вакуумный пиролитический диоксид кремния. ТС последнего типа впервые создавались методом самоформирования с точно локализованными низкоомными пассивными и высокоомными активными областями базы и глубиной эмиттера 150 нм.

Впервые в отрасли для процессов окисления и диффузионного отжига была использована малоинерционная диффузионная система с транспортировкой пластин на газовой подушке и с ИК-нагревом, разработанная по нашему заказу в НИИТМ.

Зарубежная информация о таких системах пришла позже.

Процессы фотолитографии нам проводила Зинаида Хорина из лаборатории Лубащевской Авроры Васильевны, а эпитаксиальные процессы делал Геннадий Шварц из лаборатории Любимова Евгения Сергеевича. Юрий Реформатский самолично изготовил уникальный комплект фотошаблонов с шириной эмиттерных и базовых контактных окон 0,6 мкм. Прецизионную алмазную полировку пластин делал Олег Бочкин. Процессы ионного легирования проводила Ирина Белякова. Нам удалось показать, что на тот период времени диффузионные сверхтонкие ТС имели существенно лучшие характеристики, чем ионнолегированные.

Это превосходство сохранилось для ультратонких ТС и поныне.

В 1967 г. мы успешно сдали нашу первую научно-исследовательскую работу (НИР) “Ингредиент”, где впервые была показана возможность формирования ультратонких – транзисторных структур с шириной активной области базы и глубиной эмиттерной области порядка 50 нм. По рекламе ТС США в 1966 г. имели ширину активной базы 150 нм.

- Ты помнишь, как вам удавалось ТС прокатывать в течение смены? – недавно спросил меня д.т.н. Валерий Мартынов. – Ещё бы! – ответил я.

На НТС Валиев К.А. вспомнил прогноз теоретиков и попросил показать структуры в действии. Сказался “визит эффект”, автомат не сработал и пришлось концы проводов держать ему и мне. Ультратонкие ТС сильно реагировали на свет и показывали напряжение прокола не менее 7В.

В 1968 г. на четыре года раньше японской технологии “Dopos” были получены образцы ультратонких ТС с пассивными эмиттерными областями на основе поликристаллического кремния, легированного фосфором в процессе эпитаксиального осаждения.

Огромный интерес к ультратонким эмиттерным областям на основе фосфора возник гораздо позже. В 1991 г. за рубежом были реализованы ТС с граничной частотой более 63 ГГц.

А тогда в 1969 г. в НИОКР “Процесс-2” была впервые разработана в соавторстве с Шварцем К.-Г.М., Щербининым А.А., Лебедевым В.В. и Любушкиным Е.Н. так называемая эппланарная самосовмещённая конструкция ТС, защищённая авторским свидетельством. Способ обеспечивал точную локализацию коллекторных и базовых областей относительно вертикальных границ областей боковой диэлектрической изоляции за счёт применения процесса селективной (избирательной) эпитаксии и был создан раньше “изопланарной” конструкции CLLIA, ТС такого типа позволили получить лабораторные образцы

интегральных микросхем (ИМС) сверхвысокого быстродействия на переключателях тока (эмиттерно-связанная логика) с рекордным для тех лет средним временем задержки распространения сигнала  $t_{зр} = 0,5$  нс.

С докладом Луканова и Любимова на эту тему в Японию поехал начальник сектора. Много лет спустя в Японии и США описали подобные ТС. Успешно прошло внедрение на завод “Микрон” процессов диффузии с высоким групповым коэффициентом обработки пласти  $Si$ , а также процесса диффузии золота для ТТЛ ИМС при защите поверхностного источника плёнкой пиролитического диоксида кремния.

По теме “Моноблок” была изготовлена СБИС памяти на целой пластине  $Si$  диаметром 30 мм (главный конструктор – Дьяков Ю.Н.). Фактически это была первая система на пластине с диэлектрической изоляцией тонкой плёнкой диоксида кремния. В рекордно малые сроки (за месяц) была спроектирована и прокатана на нашей линейке специализированная ВЧ схема линейного усилителя каскадного – “ЛУК”, схемотехническую разработку которой сделали Игорь Малышев и Голубев Александр Павлович. В последней схеме уже использовались сверхтонкие ТС с граничной частотой более 4 ГГц.

Разработка принципов целенаправленного формообразования и точной локализации элементов с субмикронными размерами при использовании селективных и самосогласованных процессов осаждения и травления различных композиционных материалов одно из научных, но не признанных направлений лаборатории.

ЕСЛИ РОДИНА ПОЗВАЛА – ИДИ И ТВОРИ

По решению Совета Министров СССР с целью дальнейшего увеличения быстродействия и производительности ЭВМ системы “Ряд” и быстродействия различных систем автоматики НИИМЭ было поручено в интересах НИЦЭВТ провести в 1969 г. разработку ИМС ЭСЛ-типа серии К138 с типовым значением среднего времени задержки распространения сигнала  $t_{зр} = 1,9$  нс на базовый логический вентиль 1ЛП381. Главным конструктором разработки был назначен я. Перед этим буквально за месяц коллективу лаборатории удалось сделать ИМС “Искра” в трёх вариантах с профилями легирования “М”, “Т” и “С”, что означало мелкий, тонкий и сверхтонкий. Изготовленные по этим профилям ИМС имели  $t_{зр} = 2,5; 2$  и  $1,5$  нс, соответственно.

Специалисты НИЦЭВТ Файзулаев Б.Н. и Гринкевич В.А. совместно с схемотехниками НИИМЭ Владимиром Немудровым, Вячеславом Струковым и Дмитрием Чутуевым очень быстро спроектировали 12 типов микросхем, составивших функционально полный базис. Правительство высоко оценило наш труд по разработке ИМС серии К138, вручив группе разработчиков премии Ленинского

комсомола в 1970 г. Грамотно и быстро конструкторскую документацию и ТУ на ИМС разрабатывал Василий Балацкий из отдела энергичного Журавлева Ю.Д.

По решению Совмина и ВПК в 1970-м году МЭП СССР было поручено начать разработку серий 100, 500 и 700 сверхбыстродействующих ИМС ЭСЛ-типа с  $t_3 = 2,5$  нс. Ближайшим зарубежным аналогом таких ИМС были ИМС фирмы "Motorola" серии MC 10000, Схемы подобного класса крайне необходимы были стране для создания высокопроизводительного сверхбыстродействующего комплекса супер-ЭВМ "Эльбрус", предназначенного для построения противоракетной оборонной системы страны. Курирование разработки ИМС со стороны МЭП СССР было поручено заместителю министра МЭП Колесникову В.П., со стороны Научного Центра – Генеральному директору Пивоварову А.В., а от заказчика – академику, директору института точной механики и вычислительной техники (ИТМИВТ) Лебедеву С.А. Специалисты ИТМИВТ Бурцев В.С., Чунаев В.С., Кушнер Ю.К., Новиков А.А. и Гришаков Г.И. сделали ставку на применение ИМС типа MC 10000, поскольку они изготавливались по самой передовой зарубежной технологии, а элементная база была наиболее функционально полной, кроме того, эти схемы имели относительно большое время нарастания и спада сигнала и по этой причине должны были вносить меньше проблем, связанных с помехами и передачей сигналов по двухслойным шинам металлизации.

Тогда, по-видимому, они думали, "что лучше иметь курицу на земле, чем синицу в небе". И были по-своему правы.

Обсуждение проблемы с участием специалистов из НИИМЭ и ИТМиВТ проходило на совещании у Пивоварова А.В. Мы доказывали, что можем делать ИМС с параметрами лучшими, чем у ИС MC 10000. Они настаивали на своём выборе.

Наконец, академик Лебедев С.А. не выдержал и со свойственным ему акцентом и уверенностью в правоте своего выбора заявил:

- Что он понял, что Камиль Ахметович не готов делать такие схемы в необходимые для страны сжатые сроки и поэтому он будет ставить этот вопрос в Политбюро.

Но на это Пивоваров А.В. отреагировал мгновенно, попросив всех оставить кабинет и, обращаясь к Валиеву, официальным тоном сказал:

- А Вы, Камиль Ахметович, оставайтесь!

Мы ожидали за плотно прикрытой дверью. Вскоре вышел Валиев.

- Будем делать! – отрезал он.

Так было принято историческое решение о начале соревнования с США по гонке в области создания новых супер-ЭВМ и систем автоматики.

## НАПРАВЛЕНИЕ ОСНОВНОГО УДАРА ВЫБРАНО

На следующий день зам. министра Колесников Владислав Григорьевич поздно вечером в НИИМЭ созвал экстренное совещание, где принято было решение начать разработки серии ИМС типа МС 10000 силами четырёх организаций (в Минске, Ленинграде, Вильнюсе и Зеленограде). Головной организацией стал НИИМЭ. Для сокращения сроков разработки было решено копировать зарубежные ИМС по топологии, оставив, по нашей просьбе, право выбора конструкции и технологии за нами.

На этот момент сведений о конструктивно-технологических особенностях зарубежных образцов у нас ещё не было.

В 12-м часу ночи заместитель министра высадил меня из своей машины на Ленинградском шоссе напротив бюста спортсменки с парусной лодочкой в руках над головой у метро “Речной Вокзал”, заверив меня, что в любое время самая необходимая помощь будет оказана немедленно.

Я забыл о женщине с зовущим вдаль парусом и зашагал домой, обуреваемый страстями иного плана – творческими.

С рассветом начинались будни и новые заботы. На работу от станции “Крюково” до НИИМЭ стал ходить пешком по кратчайшему пути...

Главный инженер Назарьян Арташес Рубенович отреагировал на моё ночное согласие возглавить разработку не очень спокойно, но убедительно:

- Ну что, напробился! Готовь план мероприятий. Не хватало нам серии К138.

Реакцию схемотехников можно было предвидеть. Но они ничего не решали. Начался великий и безликий период Оледенения и копирования все и вся. Но Родина звала и они смирились.

Уже утром меня срочно вызвал к себе Анатолий Васильевич Пивоваров. Я по инерции забежал к Валиеву К.А., чтобы доложить ему о вызове, но он куда-то отлучился и я помчался один. Пивоваров продолжал задавать мне вопросы о готовности моего подразделения к новой разработке, когда неожиданно распахнулась дверь и стремительно вошёл Валиев. Взгляд его был грозен и он сходу бросил:

- Луканов, ты здесь зачем?

Я перехватил взгляд Генерального.

Тот, спасая меня, сказал, что он дал команду помощнику.

Геннадий Смолко согласно замотал головой и заявил, что разыскивал Валиева К.А. и Луканова. Выслушав мои, по-видимому,

очень оптимистические ответы, Пивоваров сказал мне, “что я пока свободен, но должен помнить, что если разработка не получится, то мне выкрутят руки назад”.

Генерал-майор Пивоваров А.В. отлично понимал, за какую ответственную работу принимается Научный центр. И хотел, чтобы и мы осознавали это.

Я пошёл к выходу. Вдогонку слышу голос Валиева:

- Вернись! Ты забыл свой пиджак.

У меня пиджака не было, но в тот момент, если бы он даже и был, я все равно сказал бы: - “Это не мой пиджак,” – нельзя было показывать свою рассеянность.

#### РОЖДЕНИЕ НОВОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОТДЕЛА №22

Вот тогда-то, в короткие сроки и был организован новый отдел №22 разработки сверхбыстродействующих ИМС. И назначен новый начальник сектора №2 – Назаров Сергей Иванович. Отдел быстро рос на новом месте. Приходилось и самому следить за дисциплиной.

- Знаю Великого писателя, теперь – читателя! – сделал замечание будущему хорошему специалисту Александру Гоголю, которого застал за чтением между установок плазмохимического осаждения УВП-1А и УВП-2, созданных моими сотрудниками.

- К нам без белого халата не дозволено! – остановил как-то Марину Ревелеву, доцента дружественной кафедры ФТИМС МИЭТ.

- Тебя учили тому, как не делать брак! – напутствовал я в последний раз способного оператора по пиролизу, решившего, что умение делать брак ему более выгодно.

Ряд схем имел двухуровневую систему металлизации. В сжатые сроки нам удалось не только разработать технологию, но и получить на неё авторское свидетельство. Виталий Яковенко, Александр Сулимин, Владимир Долгов, Татьяна Челпанова, Владимир Ячменев не жалели ни сил, ни времени. Решение было найдено путём применения двухкратного осаждения плазмохимического диоксида кремния и двухкратного отдельного нанесения фоторезиста. Проблема закорачивания сверхтонких диффузионных слоёв была решена за счёт использования композиционной системы металлизации на основе Мо и

Одновременно промышленный вариант многослойной технологии готовили сотрудники отдела Валеева Адиля Салиховича.

Начальник участка диффузии Алешин Николай Васильевич – жёсткий и знающий организатор – обеспечил ритмичную работу участка диффузии, окисления и пиролиза.



В сжатые сроки специалистами Евгением Ильчинским, Евгением Мининым, Виктором Поповым и Зинаидой Колюскиной были разработаны методики аттестации ИМС ЭСЛ-типа и создана оригинальная установка для контроля динамических параметров сверхбыстродействующих схем.

Геннадий Старожук, Галина Некрасова и Вера Степанова быстро поставили процессы фотолитографии на основе разработанного в НИИМЭ Михаилом Афанасьевым фоторезиста РН-7.

Очень энергичная Алевтина Родионова со своими сотрудницами Валентиной Николаевой, Любовью Адерихиной и Людмилой Маховой детально исследовали и поставили новые процессы химической отмывки на основе одностадийных процессов с применением перекиси водорода.

На начальном этапе несколько схем были изготовлены по трём маршрутам для выяснения их преимуществ и недостатков. Джабраилов Максуд, Геннадий Ишков, Людмила Морозова проводили их анализ, набирали статистические данные по статическим и динамическим параметрам и выясняли причины брака.

Для ИМС серии 700 с “паучковыми” алюминиевыми выводами на полиимидной основе удачное решение нашёл Худяков Кузьма Иннокентьевич. Технологию травления полиимида отработал Лев Белов.

#### СОЕДИНЕННЫМ ШТАТАМ АМЕРИКИ БРОШЕН СЕРЬЁЗНЫЙ ВЫЗОВ

Уже через квартал были изготовлены на сверхтонких слоях 6 типов ИМС, точно скопированных по топологии с ИМС США МС 10000.

Наши ИМС в пластмассовых корпусах Валиев К.А. и Колесников В.П. повезли на фирму “Моторола” в США.

Вернувшись из заграничной поездки, Валиев К.А. рассказал:

- По ходу разговора чувствовалось, что американцы не верят, что мы владеем технологией изготовления ИМС высокого быстродействия.

- В какой-то момент я достал из портфеля большую упаковку с ИС серии 500, высыпал их на стол и заявил, что они могут их испытать.

Мы почувствовали их недоумение.

- На следующее утро ИС были тщательно проанализированы по статическим и динамическим параметрам, а также были сделаны фотографии кристаллов, сняты профили и Оже-спектры.

- Ваши схемы действительно имеют более высокое быстродействие по сравнению с МС 10000, у Вас хорошая технология. Но топология Ваших схем похожа один к одному на топологию наших схем, – с видимым удовольствием подвёл итог представитель фирмы.

Наступило неловкое молчание по обе стороны стола.

- А мы специально изготовили ИС по нашей технологии, но по Вашей топологии, чтобы продемонстрировать возможности нашего производства, – подвёл сокрушительный итог Валиев К.А.

Так в начале 1970-х годов США в первый раз признали своё отставание и успехи микроэлектроники СССР в области разработки сверхбыстродействующих ИМС ЭСЛ-типа в юном г. Зеленограде.

#### ОПАСНОСТИ, ПОДСТЕРЕГАЮЩИЕ ВПЕРЕДИ ИДУЩИХ

А тем временем внедрение ИМС проходило в очень сжатые сроки в цехе N204 завода “Микрон” и на первом этапе очень успешно. Начальник цеха Еремеев Михаил Петрович и его сотрудники Лидия Зайченко, Валерий Бычевский и Альберт Воробьев нормально приняли новую работу. Для ИМС различной сложности коэффициент выхода годных составил от 15 до 30 процентов. Это был явный успех для начала. Настала и моя очередь делать ошибки. .

Возвратившись из отпуска, я был ошарашен известием, что процент выхода годных на всех схемах упал до катастрофической величины. Резко возросли как токи утечки переходов, так и число полностью закороченных транзисторных структур.

И вот внезапно оказалось, что мы все, по выражению Андропова Ю.В живём “в реальных условиях суровой действительности”.

Кто-то, якобы из Минского завода “Интеграл”, куда мы внедрили такую же технологию, подлил масла в огонь, поведав Назарьяну А.Р. новость, что у них также были большие токи утечки и они перешли на свой вариант технологии с более глубокими диффузионными слоями и с термическим диоксидом кремния, выбросив пиролитический.

Директор тут же вызвал меня на ковёр.

- Ты знаешь, что у тебя творится на участке?

- Твою технологию на сверхтонких слоях в Минске уже **ВЫБРОСИЛИ!**

- Впервые слышу – сделал я удивлённые глаза.

- Заморочил всем мозги своими структурами. Что будешь делать?

- Вы должны заставить директора завода отремонтировать пиролитическую установку. Цеховики сами перешли на

плазмохимический окисел, не поставив никого в известность – выпалил я.

- Луканов! В этом кабинете я решаю, кто и что должен делать! .

- Я выгоню с работы и тебя, и директора, если вы не исправите быстро положение. Назначена большая комиссия – был ответ Валиева.

По дороге вспомнил напутствие Пивоварова А.В. В состав комиссии, думал я, распаяя себя, войдут представители от КГБ, ЦК, МЭП, ВП и “Интеграла”. Вот будет дело! Был сын врага народа, теперь сам стал врагом народа. .

Только за дверью сообразил (“лестничная дипломатия”), что сразу при входе надо было сказать, что с утра говорил по телефону с Савотиным Ю.И. из Минска. Тот подтвердил, что ИМС по нашему варианту идут успешно... Легко быть умным задним числом.

#### НЕОЖИДАННАЯ ПОДДЕРЖКА СО СТОРОНЫ

Очень толковый и требовательный представитель Военной приёмки Комаров А.С., куратор наших разработок в НИИМЭ, рассказывал о поездке комиссии в Минский “Интеграл”:

- Нам показали схемы серии 500, находящиеся на складе и изготовленные по технологии, полученной из НУПМЭ. По изменённой технологии “Интеграла” проводилась пробная партия с более глубокими диффузионными слоями и с термическим диоксидом кремния, но у неё были большие токи утечки. Показали цех, где работали 4 установки пиролитического осаждения диоксида кремния.

Комиссии стало все ясно, и я получил возможность работать снова. Так удачно подброшенная информация сработала против нас.

#### ЕСЛИ СУЖДЕНО СГОРЕТЬ, ТО НЕ УТОНЕШЬ

Необходимо было быстро выяснить причины брака в цехе и устранить их. Однако это оказалось не простой задачей. Пришлось мне самому становиться следопытом и развязывать узел.

Уйти от ошибок не удалось и цеху N204. Нововведения подвели их.

В конце концов выяснилось, что помимо замены пиролитического окисла на плазмохимический были и другие нарушения.

На участке фотолитографии была введена новая система оплаты по результатам труда и система жёсткого контроля за уходом размеров. И технологи стали так задубливать фоторезист, что его приходилось удалять в горячем растворе аммиака. При этом, естественно, кремний стал травиться в диффузионных областях базы по дислокациям, что приводило к невидимым в обычном микроскопе ямкам травления. Диффузия фосфора, естественно, копировала профиль поверхности и

приводила к появлению диффузионных трубок, которые и давали либо токи утечки, либо короткие замыкания.

Ситуация осложнялась тем, что и на диффузии бора и фосфора уже действовала та же премиальная система. Малый разброс параметров при большой групповой обработке пластин достигался за счёт ухищрений цеховых технологов: пошли традиционным путём увеличения концентрации диффузанта выше допустимой нормы. Последнее приводило к неконтролируемому введению дислокаций. Лабутин Н.И. – начальник лаборатории микроанализа – сделал прекрасные микрофотографии этих дефектов с помощью электронного микроскопа, но они никого уже не интересовали.

Начальнику сектора N22 очень хотелось наказать цеховиков. Вместо этого нам же и пришлось на этом злополучном этапе делать поставки ИМС из отдела 22 и все сотрудники были откомандированы назад.

«...ЧЕЛОВЕК РОЖДАЕТСЯ НА СТРАДАНИЯ, КАК ИСКРЫ, ЧТОБЫ  
УСТРЕМИТЬСЯ ВВЕРХ...»

[БИБЛИЯ. Кн. ИОВА, ГЛ. 5, СТИХ 7]

По-видимому, отделу №22 была уготована судьба быть прикованному к одной разработке, хотя и очень важной.

Все эти треволения не прошли для меня бесследно. В конце концов надо было решать: либо продолжать и внедрение зарубежных аналогов и ждать присуждения очередных Правительственных наград за трудовые подвиги, либо идти по пути творческого поиска. И я выбрал последний путь – пришёл холодным летом 1975 г. к Валиеву К.А., заведующему кафедрой ФТИМС МИЭТ.

Там, а затем в НПК “Технологический центр” МИЭТ, я продолжил дело, успешно начатое в Отделе 22, по разработке нетрадиционных конструкций и технологий ИМС с применением новых методов самосовмещения и самоформирования. Директор государственного “Научного центра” НПК “Технологический центр” Александр Николаевич Сауров, выпускник кафедры ФТИМС, сам горячий сторонник и активный разработчик методов самоформирования, организовал в новых тяжёлых для страны условиях необходимую базу для дальнейшего развития этого перспективного направления.

После меня последовательно тянули тяжкий жребий начальников Отдела 22 сначала Лебедев В.В. затем Назаров С.И. и, наконец, Кокин В.Н. Но на этом копирование зарубежных технологий не кончилось: эстафету, но уже более удачную, принял опытный Лукасевич Михаил Иванович, сотрудник другого отдела.

Иногда я жалел, что ушёл от живого и беспокойного дела. Надо было попытаться убедить большое Начальство проводить параллельно

разработку микросхем и по более перспективному, нашему варианту. Время, однако, показало, что из этого ничего не получилось бы.

Героические попытки Любимова Е.С, Щербинина А.А., Чистякова Ю.Д. вживить отечественную эппланарную технологию в отечественное производство кончилось печально из-за амбиций отдельных товарищей.

Но дело на этом не кончилось. Посеянные семена обязательно дадут всходы и на Российской Земле Зеленоградской.

**Об авторе.** Луканов Николай Михайлович, доктор технических наук, лауреат премии Ленинского комсомола, лауреат Всесоюзного конкурса по микроэлектронике, награждён медалью “В память 850-летия Москвы” и медалью из кремния “За достижение мирового уровня”. Окончил с отличием Московский энергетический институт в 1963 г. В настоящее время ведущий научный сотрудник НПК “Технологический центр” МИЭТ. Автор более 145 научных трудов, из них 25 изобретений.

Статья впервые была опубликована в журнале “Электронная техника”. Сер. 3. Микроэлектроника. Вып. 1 (152), 1998. Публикуется с разрешения автора.